

# Kajian Keselamatan Aktivitas Transportasi Laut terhadap *Collision* pada *Bouy* No. 15 Alur Pelayaran Barat Surabaya

Bimo Wira Para, AAB Dinariyana, dan Ketut Buda Artana

Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: kojex@its.ac.id

**Abstrak**— Kajian keselamatan aktivitas transportasi laut terhadap tubrukan kapal merupakan hal yang penting dilakukan bukan hanya untuk mengetahui *safety level* pada sebuah alur pelayaran, namun juga untuk mengurangi potensi kejadian tubrukan. Pelabuhan Tanjung Perak, Pelabuhan Gresik dan Pelabuhan Teluk Lamong, Jawa Timur, yang berada di Alur Pelayaran Barat Surabaya memiliki peranan yang besar dalam aktivitas ekspor impor dan perdagangan nasional jalur laut. Untuk lebih mengembangkan perekonomian nasional, Kementerian Perhubungan Republik Indonesia akan mengembangkan Rencana Induk Pelabuhan Tanjung Perak dan Sekitarnya Secara Terintegrasi, dimana salah satu pengembangannya adalah pembangunan dermaga yang akan dikelola oleh PT. Berlian Manyar Sejahtera, yang berada di sekitar *Bouy* No.15. Pada skripsi ini menyajikan kajian keselamatan terhadap tubrukan kapal di *Bouy* No.15 Alur Pelayaran Barat Surabaya dengan metode IWRAP dan simulasi dampak hasil tubrukan dilakukan dengan metode *Finite Element Analysis*. Penilaian ini bertujuan untuk mengetahui batas aman jumlah kapal yang diperbolehkan beroperasi di APBS setiap tahunnya. Data jumlah kapal yang berlayar di APBS didapatkan dari Pelindo sebagai Otoritas Pelabuhan di Indonesia. Hasil yang didapatkan berdasarkan analisis yang telah dilakukan terhadap *head on collision*, *drifting collision*, *overtaking collision*, dan *crossing collision* adalah sebesar 0.420, 0.940, 0.940, dan 0.605 secara berurutan, yang berarti frekuensi dari masing-masing jenis tubrukan dapat diterima jika mengacu pada keadaan *future condition* dimana frekuensi tubrukan dapat diterima bila bernilai dibawah satu. Dari analisis perhitungan yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan bahwa jumlah maksimal kapal yang dapat berlayar di Alur Pelayaran Barat Surabaya pada *future condition* adalah sebanyak 49.640 kapal/tahun.

**Kata Kunci**— *accident probability*, *collision risk*, *marine safety*, *risk assessment*.

## I. PENDAHULUAN

Transportasi laut merupakan salah satu jaringan moda transportasi terpenting yang ada di Indonesia sebagai negara maritim. Pelabuhan Tanjung Perak, Pelabuhan Gresik dan Pelabuhan Teluk Lamong, Jawa Timur, memiliki peranan yang besar dalam aktivitas ekspor impor dan perdagangan nasional jalur laut. Dengan kondisi tersebut, menyebabkan padatnya arus lalu lintas kapal di Alur Pelayaran Barat Surabaya (APBS). APBS ini bisa dikatakan tidak layak karena sempitnya alur yang hanya memiliki lebar 100 meter

dan kedalaman 9.5 LWS (*Low Water Spring*) serta daya dukung alur yang 27.000 kapal per tahun. Penilaian risiko terhadap ship collision merupakan hal yang sangat penting bagi kapal-kapal yang melewati alur sempit, dangkal, dan padat [1].

Untuk lebih mengembangkan perekonomian serta mempercepat distribusi barang, PT. Pelindo III ingin mengembangkan suatu daerah baru yang bernama *Java Integrated Industrial and Port Estate* (JIPE). Dimana JIPE adalah proyek yang mengintegrasikan pelabuhan dalam kawasan industri dan kawasan perumahan dalam satu daerah.

Dalam kasus ini, akan dianalisis keselamatan pelayaran pada Jetty dari PT.BMS yang berada di dekat *Bouy* No. 15 APBS terhadap *head on collision*, *drifting collision*, *crossing collision*, dan *overtaking collision*. Analisis dilakukan karena Jetty milik PT.Berlian Manyar Sejahtera berada sangat dekat dengan *Bouy* No. 15 dan alur pelayaran yang berjarak sekitar 300 m sehingga penilaian risiko harus dilakukan karena konsekuensi dari kejadian *collision* akan menimbulkan bahaya dari segi manusia, lingkungan, dan operasional. Kajian keselamatan ini akan dibandingkan, ketika lebar alur pelayaran pada kondisi saat ini dengan kondisi ke depan ketika pelebaran Alur Pelayaran Barat Surabaya sudah selesai. Ketika pengerjaan proyek pelebaran APBS sudah selesai pasti akan banyak kapal yang berlayar di alur pelayaran tersebut dan akan dimungkinkan akan menambah kemungkinan terjadi tubrukan. Pada skripsi ini akan dikaji seberapa batas aman jumlah kapal yang diperbolehkan berlayar pada kondisi sekarang dan akan datang.

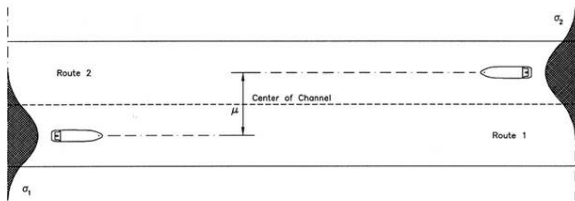
Penilaian risiko ini akan difokuskan pada jalur pelayaran yang melintasi daerah *Bouy* No. 15 karena memiliki potensi bahaya yang besar akibat *head on collision*, *drifting collision*, *crossing collision*, dan *overtaking collision* dengan memanfaatkan software SolidWork untuk menganalisis konsekuensi. Dari simulasi yang dilakukan dengan *software* tersebut akan mendapatkan output berupa analisis tegangan dan *finite element analysis* pada jaringan struktur kapal. Apabila risiko yang terjadi berada dalam kriteria yang tidak dapat ditolerir, maka perlu dilakukan mitigasi untuk menurunkan risiko ke tingkatan frekuensi menuju tingkatan yang dapat diterima.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

Penilaian risiko adalah sebuah metode yang digunakan untuk menilai tingkat bahaya dan risikonya yang mungkin terjadi dari suatu objek. Dalam setiap proses FEED (*Front End Engineering Design*) sampai operasional, penilaian risiko biasa dilakukan untuk mengetahui kemungkinan risiko yang terjadi di setiap kejadian. Tahapan dari proses penilaian risiko adalah mengidentifikasi bahaya dari setiap kemungkinan yang akan berdampak pada lingkungan, keselamatan, keamanan manusia, proses bongkar muat. Setelah identifikasi bahaya, maka yang akan dianalisis adalah seberapa sering atau frekuensi bahaya tersebut kemungkinan terjadi. Hal berikutnya yang dilakukan adalah analisis konsekuensi yang bisa terjadi dari setiap bahaya.

### A. Analisis Frekuensi Ship-Ship Head on Collision

*Head on collision* merupakan keadaan dimana kapal langsung menabrak objek yang berada didepannya dengan kecepatan yang relatif tinggi. *Head on collision* dimungkinkan bisa terjadi karena sempinya Alur Pelayaran Barat Surabaya yang hanya berkisar 100m pada kondisi sekarang sehingga ketika terjadi sedikit penyimpangan alur pelayaran maka akan dikhawatirkan akan terjadi tubrukan.



Gambar. 1. Contoh kasus *head on collision* (Sumber : Hansen, 2008).

$$\lambda_{col} = N_G \cdot P_c \quad (1)$$

$$N_G^{head-on} = Lw \sum_{ij} P_{G,ij}^{head-on} \frac{V_{ij}}{(V_i)(V_j)} (Q_i Q_j) \quad (2)$$

### B. Analisis Frekuensi Ship-Ship Overtaking Collision

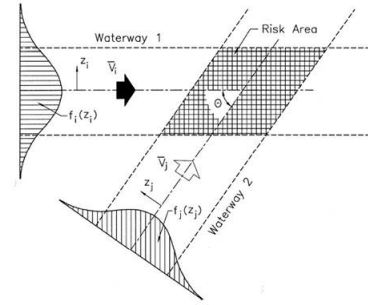
*Overtaking collision* merupakan keadaan dimana kedua kapal yang akan bertabrakan berlayar ke arah yang sama, tubrukan ini bisa terjadi jika kapal yang satu akan mendahului kapal yang lainnya. *Overtaking collision* dimungkinkan bisa terjadi karena sempinya Alur Pelayaran Barat Surabaya yang hanya berkisar 100m dan dekatnya daerah *Jetty* PT.BMS dengan alur pelayaran yang berkisar 300m sehingga ketika terjadi sedikit penyimpangan alur pelayaran maka akan dikhawatirkan akan terjadi tubrukan.

$$N_G^{overtaking} = N_m \cdot Lw \cdot \frac{(B_i + B_j)(v_1 - v_2)}{(v_1 \cdot v_2) \cdot W} \quad (3)$$

### C. Analisis Frekuensi Ship-Ship Crossing Collision

*Crossing collision* merupakan keadaan dimana kedua kapal yang akan bertabrakan berlayar menuju arah yang berbeda, tubrukan ini bisa terjadi jika alur yang digunakan salah satu kapal memotong jalur kapal lainnya. *Crossing collision*

dimungkinkan daerah kolam labuh untuk kapal yang akan melakukan bongkar muat di *jetty* PT. BMS berada disisi luar alur.



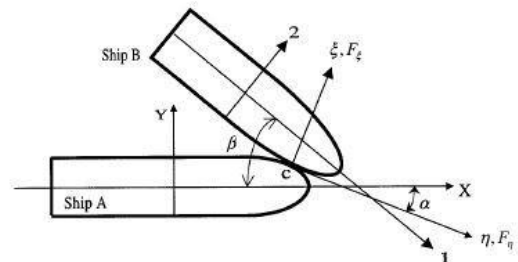
Gambar. 2. Contoh kasus *crossing collision* (Sumber : Hansen, 2008).

$$N_G^{crossing} = \sum_{i,j} \frac{Q_i Q_j}{(v_i)(v_j)} D_{ij} V_{ij} \frac{1}{\sin \theta} \quad (4)$$

### D. Analisis Konsekuensi Tubrukan Kapal

Analisis konsekuensi terhadap tubrukan kapal ini bertujuan untuk mengetahui berapa orang yang terkena dampak, seberapa parah properti mengalami kerusakan, wilayah terkena dampak, biaya yang dikeluarkan akibat terjadi tabrakan.

Untuk melakukan analisis konsekuensi ini harus dilakukan kajian tentang energi tubrukan yang dihasilkan oleh kapal. Besaran energi tubrukan yang dihasilkan oleh kapal ini dipengaruhi oleh energi kinetik yang dimiliki oleh kapal itu terhadap berat kapal dan kecepatan kapal pada saat menubruk objek.



Gambar. 3. Ship-ship collision (Sumber : Zhang, 1999).

$$E = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{D_x + \mu \cdot D_y} \dot{\epsilon}(0)^2 \quad (5)$$

## III. HASIL ANALISIS

### A. Data Kapal

Data kapal ini digunakan digunakan untuk menilai frekuensi dan konsekuensi yang akan dikaji tentang kemungkinan terjadinya tubrukan. Data-data yang digunakan adalah jumlah kapal yang berlayar di APBS dari tahun 2008-2013 dan klasifikasi klasifikasi besaran kapal.

Tabel 1. Data Kapal di APBS

	Tanjung Perak	Gresik	Total
2008	15399 Unit	5552 Unit	20951 Unit
2009	15064 Unit	5770 Unit	20834 Unit
2010	14197 Unit	5650 Unit	19847 Unit
2011	14117 Unit	5625 Unit	19742 Unit
2012	14773 Unit	5851 Unit	20624 Unit
2013	16798 Unit	7295 Unit	24093 Unit

(Sumber : Pelindo III, 2013)

Data kapal tersebut selain digunakan untuk menghitung frekuensi terjadinya tubrukan, data jumlah kapal tersebut digunakan juga untuk proyeksi banyaknya kapal yang akan berlayar di APBS pada tahun-tahun yang akan datang dengan perkiraan pertumbuhan jumlah kapal yang akan memasuki daerah Alur Pelayaran Barat Surabaya sekitar 4% per tahunnya. Pada skripsi ini diasumsikan bahwa *jetty* yang dioperasikan oleh PT.BMS akan beroperasi hingga 15 tahun kedepan.

#### B. Analisis Frekuensi

Pada perhitungan frekuensi ini dibutuhkan beberapa data seperti, data jumlah kapal, jarak dari *jetty* ke alur pelayaran, lebar alur pelayaran, dan estimasi jumlah kapal kedepannya. Perhitungan frekuensi ini dibagi menjadi beberapa skenario berdasarkan modelling yang telah dilakukan untuk mengetahui jenis tubrukan yang memungkinkan terjadi seperti, *head on collision*, *drifting collision*, *overtaking collision*, dan *crossing collision*.

Tabel 2. Hasil Analisis Frekuensi Tubrukan

	Frekuensi Tubrukan
<b>Head on Collision</b>	0.420
<b>Drifting Collision</b>	0.605
<b>Overtaking Collision</b>	0.629
<b>Crossing Collision</b>	0.940

#### C. Analisis Konsekuensi

Perhitungan konsekuensi bertujuan untuk mengetahui seberapa besar energi yang dihasilkan ketika terjadi tubrukan dan untuk mengetahui seberapa parah dampak yang ditimbulkan ketika tubrukan itu terjadi.

Untuk melakukan analisis konsekuensi ini harus dilakukan kajian tentang energi tubrukan yang dihasilkan oleh kapal. Besaran energi tubrukan yang dihasilkan oleh kapal ini dipengaruhi oleh energi kinetik yang dimiliki oleh kapal itu terhadap berat kapal dan kecepatan kapal pada saat menubruk objek.

Kerusakan terparah yang bisa terjadi pada struktur lambung kapal adalah robeknya lambung kapal. Oleh sebab itu analisis hasil tubrukan harus dilakukan untuk mengetahui dampak tubrukan terhadap struktur lambung kapal.

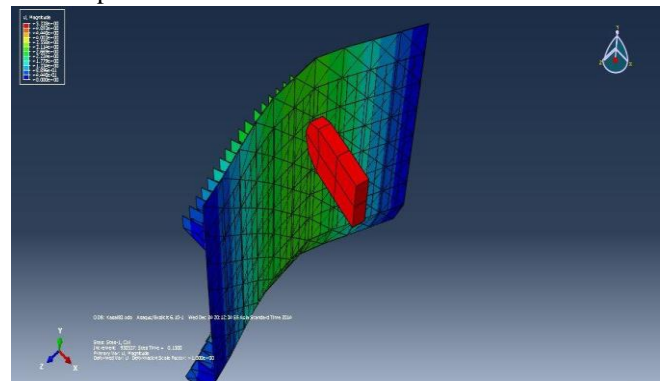
Tabel 3. Hasil Analisis Frekuensi Tubrukan

	Absorbed Energy (MJ)	Dent (cm)
<b>Collision <math>\beta=30^\circ</math></b>	3.117	2.338
<b>Collision <math>\beta=60^\circ</math></b>	19.785	14.839
<b>Collision <math>\beta=90^\circ</math></b>	167.197	125.398
<b>Collision <math>\beta=120^\circ</math></b>	517.595	388.197
<b>Collision <math>\beta=150^\circ</math></b>	761.591	571.193

#### D. Finite Element Analysis

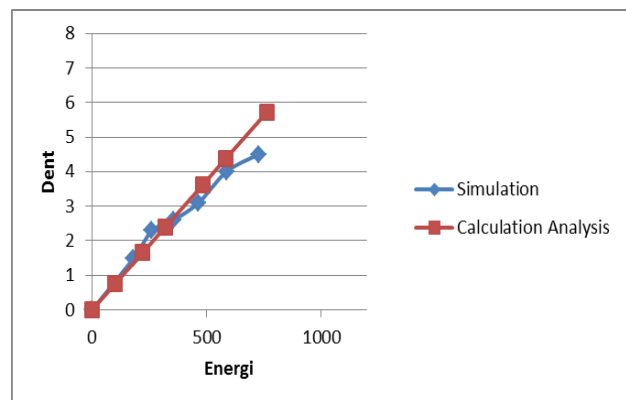
*Finite element analysis method* merupakan merupakan metode untuk melakukan analisis respon struktur badan kapal akibat tubrukan. Dalam kasus ini, pemodelan tubrukan antara kapal dengan kapal dimana struktur kapal dimodelkan semirip mungkin dengan keadaan aslinya. Sedangkan, objek yang menubruk dimodelkan dalam sebuah objek berbentuk sederhana yang memiliki kecepatan tertentu dan berat jenis baja sebesar 7850 kg/m<sup>3</sup>.

Pada pemodelan ini, besarnya energi divariasikan untuk mendapatkan perbedaan seberapa besar energi yang terserap pada tiap nilai energi tertentu dan seberapa besar dampak yang ditimbulkan pada tiap-tiap nilai energi tersebut. Berikut adalah hasil dari pemodelan tubrukan.



Gambar. 4. Pemodelan dengan impact energi 725.89MJ

Berikut adalah perbandingan grafik antara perhitungan analisis tubrukan dengan analisis hasil simulasi berdasarkan energi dengan *denting* yang terjadi.



Gambar. 5. Perbandingan hasil simulasi dengan perhitungan

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan diatas, telah didapatkan hasil berupa risiko dari segi frekuensi dan konsekuensi. Dari segi frekuensi, secara garis besar frekuensi masih bisa diterima karena nilai dari hasil analisis berada dibawah satu. Namun, dari segi konsekuensi hasil analisis tidak dapat diterima karena struktur badan kapal bukan dirancang untuk menahan energi sebesar hasil tubrukan tersebut.

Untuk upaya mitigasi guna menjaga nilai frekuensi tubrukan dibawah satu, maka perlu diberlakukan upaya sebagai berikut :

1. Pembatasan jumlah kapal yang berlayar setiap tahunnya sekitar 49,640 kapal pada *future condition*.
2. Reposisi *Bouy* No. 15 ke arah timur laut  $\pm$  600 meter dengan posisi 07°04'54"S/112°39'21"T, dimana posisi awalnya adalah 07°05'07"S/112°39'10"T.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

“Penulis B.W.P. mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah mempunyai andil perihal pengerjaan makalah ini terutama Distrik Navigasi Kelas 1 Surabaya dan Pelindo III yang telah berkenan untuk memberikan data kepada penulis”.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Xiaobo,Qu. 2010. Ship Collision Risk Assessment for the Singapore Strait. *Journal of Risk Assement*.